

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 665 291

②① N° d'enregistrement national :

90 09445

⑤① Int Cl⁵ : G 21 C 3/352

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 24.07.90.

③⑦ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la
demande : 31.01.92 Bulletin 92/05.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : FRAMATOME société anonyme —
FR et COMPAGNIE GENERALE DES MATIÈRES
NUCLÉAIRES société anonyme — FR.

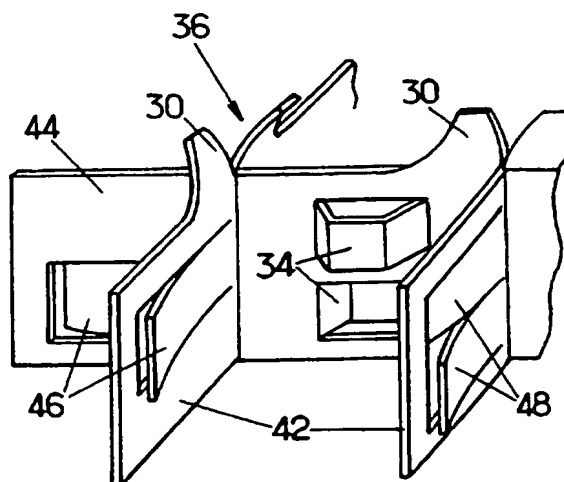
⑦② Inventeur(s) : Canat Jean Noël et Mortgat Régis.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : Cabinet Plasseraud.

⑤④ Grille supplémentaire de mélange et assemblage combustible nucléaire en comportant application.

⑤⑦ La grille supplémentaire (36), destinée à être intercalée entre des grilles de maintien d'assemblage de combustible nucléaire à eau sous pression, ne comporte pas de ceinture. Elle est formée par deux jeux de plaquettes entrecroisées et soudées (42, 44). Les parties terminales des plaquettes sont découpées pour constituer des languettes élastiques (46, 48) de courbure telle qu'elles plaquent les crayons externes de rive de l'assemblage contre des bossettes (34).



FR 2 665 291 - A1



GRILLE ADDITIONNELLE DE MELANGE ET ASSEMBLAGE COMBUSTIBLE
NUCLEAIRE EN COMPORTANT APPLICATION

5

La présente invention a pour objet une grille additionnelle de mélange pour assemblage combustible nucléaire, cette grille ayant notamment pour fonction d'améliorer le mélange des filets de réfrigérant en circulation dans l'assemblage et d'homogénéiser les températures et étant destinée à être intercalée entre des grilles constituant des éléments de la structure de l'assemblage.

L'invention trouve une application particulièrement importante dans les assemblages combustibles pour réacteur à eau sous pression comprenant une structure de support ayant deux embouts reliés par des tubes guides et ayant des grilles de maintien de crayons de combustible réparties le long de l'assemblage, chaque grille de maintien ayant au moins deux jeux de plaquettes entrecroisés et une ceinture extérieure délimitant des cellules traversées les unes par des tubes guides et les autres par des crayons, les plaquettes étant munies de moyens de maintien des crayons aux noeuds d'un réseau régulier et étant fixées à certains au moins des tubes guides, certaines grilles au moins (celles placées en aval dans le sens de l'écoulement) étant munies d'ailettes de mélange des filets de réfrigérant.

Une au moins des grilles de maintien assure de plus le supportage des crayons. Pour cela, elle est habituellement munie de ressorts, découpés dans les plaquettes ou rapportés sur les plaquettes, destinés à plaquer les crayons sur des bossettes embouties dans les plaquettes formant d'autres faces de la cellule.

Les autres grilles n'ont qu'une fonction de maintien ou de centrage des crayons aux noeuds du réseau. Elles comportent pour cela, sur chaque face de chaque cellule

traversée par un crayon, des bossettes d'appui du crayon.

Pour augmenter les échanges thermiques entre les crayons et le réfrigérant et homogénéiser les températures à chaque niveau, on a déjà proposé d'insérer une grille supplémentaire de mélange, dans un ou plusieurs des inter-
5 valles compris entre deux grilles de maintien.

En particulier, on a proposé de placer, à la partie haute de l'assemblage (lorsque la circulation du réfrigérant est ascendante dans le coeur, ce qui est le cas général) des grilles de mélange à plaquettes internes allégées,
10 ayant une ceinture, entre les grilles de maintien classiques. Mais, du fait que deux grilles sur deux assemblages adjacents peuvent se heurter ou frotter l'une sur l'autre, la ceinture doit être constituée en plaquettes externes épaisses et plus hautes que les plaquettes internes, ce qui
15 augmente l'absorption neutronique et les pertes de charge.

On a tenté de résoudre ce problème (EP-A-0 261 544) en utilisant des grilles additionnelles démunies de ceinture, constituées de plaquettes entièrement plates, fixées aux tubes guides et délimitant des cellules de dimensions
20 telles que les crayons les traversent avec un jeu.

De telles grilles intermédiaires présentent des inconvénients. Elles ne participent pas au maintien des crayons qui, surtout dans les réacteurs dont on augmente la puissance thermique par augmentation du débit, risquent
25 d'être le siège de fléchissements et de vibrations en flexion. Un autre inconvénient est lié à la nécessité de faire coexister dans le coeur, au cours d'une période de transition, des assemblages de nature classique et des assemblages munis de grilles additionnelles. La différence
30 des pertes de charge dans deux assemblages adjacents dont un seul est muni de grilles additionnelles provoque des courants transverses susceptibles de faire vibrer l'ensemble des crayons de rive, qui ne sont pas maintenus par les grilles additionnelles.

35 La présente invention vise notamment à fournir une

grille additionnelle répondant mieux que celles antérieurement connues aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'elle participe au maintien des crayons sans pour autant présenter les inconvénients des grilles additionnelles à ceinture ou sans ceinture antérieures.

5 Dans ce but l'invention propose une grille additionnelle ayant au moins deux jeux de plaquettes entrecroisées et fixées à leurs points de croisement, généralement par soudage ou par brasage, délimitant des cellules destinées à être traversées les unes par des tubes guides et les
10 autres par des crayons de combustible et dénuée de ceinture, chaque plaquette étant munie de bossettes en saillie sur chacune des faces des cellules internes et chaque plaquette présentant des parties terminales ayant des languettes élastiques présentant une courbure au repos telle que
15 ces languettes plaquent les crayons externes de rive contre une des dites bossettes.

Les plaquettes peuvent avoir une longueur telle que l'encombrement en plan de la grille soit inférieur à celui de l'enveloppe des crayons : en conséquence, les plaquettes
20 de deux assemblages adjacents ne peuvent venir en contact et on évite des chocs susceptibles de se produire entre grilles munies de ceinture. La longueur et la courbure des parties terminales des plaquettes peuvent être choisies pour qu'elles portent sur les crayons de rive approximativement à 120° de la bossette d'appui, ce qui garantit un
25 bon maintien des crayons. Seuls parmi les crayons extérieurs, les crayons de coin ne sont pas maintenus. Mais dans la pratique cela n'a pas d'inconvénient sérieux, car ces crayons de coin sont adjacents à des crayons de rive et
30 internes qui sont maintenus et les crayons de coin restent eux-mêmes centrés de façon précise par les grilles de maintien qui encadrent la grille additionnelle.

Les languettes élastiques peuvent être réalisées par simple découpe des parties terminales des plaquettes,
35 de hauteur et d'épaisseur constantes. La rigidité des

languettes élastiques peut être ajustée par un choix approprié de la hauteur des languettes, c'est-à-dire de leur dimension dans le sens de l'écoulement, et de leur longueur.

5 Les grilles additionnelles seront généralement constituées en un alliage à base de zirconium, donc à faible absorption neutronique, tel que l'un de ceux connus sous le nom de "zircaloy".

On voit que la grille selon l'invention peut avoir une structure légère, n'imposer qu'une faible perte de charge à l'écoulement et cependant, en la munissant d'ailettes ayant un dimensionnement approprié, améliorer l'homogénéité thermique de l'écoulement et, du fait des moyens de maintien des crayons qu'elle comporte, éviter les risques de vibration et réduire le fléchissement des
10
15 crayons.

L'invention propose également un assemblage combustible dont la structure comporte, en plus d'embouts d'extrémité, de tubes guides de liaison des embouts et de grilles de supportage et de maintien de crayons ayant une ceinture, au moins une grille additionnelle placée entre
20 deux grilles de maintien, du type défini plus haut.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un mode particulier de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif. La
25 description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en élévation montrant une répartition de grilles dans un assemblage combustible pour réacteur à eau sous pression ;

30 - la figure 2 est une vue en perspective montrant un fragment d'une grille classique de maintien et de supportage de crayons, munie d'ailettes de mélange ;

- la figure 3 est une vue schématique montrant un fragment d'angle d'une grille classique de maintien de
35 crayons, munie d'ailettes de mélange ;

- la figure 4, similaire à la figure 3, montre un fragment d'une grille additionnelle de mélange et de maintien selon un mode particulier de réalisation de l'invention ;

5 - la figure 5 est une vue en perspective montrant un fragment d'une grille du genre illustré en figure 4 ;

- la figure 6, similaire à la figure 4, montre une variante de réalisation ;

- la figure 7 est une vue en coupe suivant la ligne VII-VII de la figure 6.

10 Une grille suivant l'invention est notamment utilisable dans un assemblage combustible 10 du genre montré en figure 1. Cet assemblage 10 comporte une structure ayant deux embouts ou pièces d'extrémité 12 et 14 reliés par des tubes guides 16 destinés à recevoir les crayons d'une grappe de commande non représentée. Des grilles de maintien de
15 crayons de combustible 18, dont un seul est représenté, sont réparties à intervalles le long des tubes guides et sont fixées à certains au moins de ces tubes guides 16.

20 Parmi les grilles, certaines, désignées par la référence 20, peuvent n'avoir qu'une fonction de maintien et de centrage des crayons 18 aux noeuds d'un réseau, généralement carré. Elles sont généralement constituées de deux jeux entrecroisés de plaquettes dans lesquels sont ménagés des bossages d'appui des crayons. Les grilles 20, ou au
25 moins celles qui sont situées le plus en aval dans le sens de l'écoulement (ascendant en général), peuvent être munies d'ailettes de création de turbulences ou d'écoulements transversaux. La retenue longitudinale des crayons peut être assurée par une seule grille 22, munie dans ce but de
30 ressorts d'appui des crayons contre des bossettes, découpés dans les plaquettes ou rapportés.

On connaît déjà un assemblage du genre montré en figure 1 dans lequel les grilles 20 de maintien sont en alliage en base de zirconium et la grille unique 22 de
35

supportage des crayons est en alliage à résistance mécanique élevée, tel que l'Inconel.

On peut également donner à certaines des grilles 20, ou même à toutes, un rôle supplémentaire de supportage, par exemple en adoptant la constitution montrée en figure 2. La grille 20 comporte alors deux jeux de plaquettes entrecroisées 22 et 24 et une ceinture 26 formée de quatre plaquettes externes munies de languettes obliques de guidage 28, destinées à éviter l'accrochage mutuel des grilles de deux assemblages adjacents lors de la mise en place d'un assemblage. Les plaquettes internes 22 et 24 sont prolongées par des ailettes de mélange telles que 30.

Des ressorts 32, constitués par des bandes découpées dans la paroi des plaquettes et mises en forme ou par des éléments rapportés, pressent les crayons contre des bossettes 34 qui leur font face.

Dans un autre mode de réalisation, les grilles 20 ne servent qu'au maintien des crayons aux noeuds d'un réseau régulier. Elles ont la constitution montrée en figure 3, où les éléments correspondant à ceux de la figure 2 portent le même numéro de référence. Les crayons 18 sont guidés par des bossettes 34 prévues sur chacune des parois de chaque cellule.

Au moins à la partie haute d'un assemblage suivant l'invention, c'est-à-dire à la partie aval, deux grilles de maintien 20 successives sont séparées par une grille additionnelle 36 (figure 1) démunie de ceinture, pourvue d'ailettes et pouvant avoir la constitution montrée en figures 4 et 5.

La grille 36 est encore constituée de deux jeux de plaquettes entrecroisées 42 et 44 munies de bossages 34 d'appui des crayons. Les bandes 42 et 44 peuvent avoir la même constitution que les bandes 22 et 24 montrées en figure 3 dans toute la partie interne de la grille. Elles seront en général munies d'ailettes de mélange 30 destinées à homogénéiser les températures, prolongeant l'arête aval des plaquettes. Les parties terminales des plaquettes 42 et

44 sont par contre différentes de celles des grilles de maintien 20. Dans le mode de réalisation montré en figures 4 et 5, chaque plaquette ne comporte pas de bossage au-delà de son croisement avec la dernière plaquette de l'autre jeu. Mais chaque partie terminale est découpée de façon à
5 constituer une languette élastique 46 ou deux languettes 48 dirigées en sens inverse, suivant que la plaquette est la dernière ou non d'un jeu. Dans le mode de réalisation montré en figures 4 et 5, les languettes 46 et 48 ne
10 s'étendent pas jusqu'à l'extrémité de la plaquette correspondante. Les languettes ont une cambrure telle qu'elles viennent exercer sur un crayon externe de rive des forces tendant à le maintenir appliqué contre la bossette correspondante 34. Dans la pratique, il est avantageux que
15 les languettes aient une cambrure au repos et une longueur telles qu'elles viennent porter sur le crayon à un emplacement situé à peu près à 120° de l'appui sur la bossette.

Les plaquettes 42 et 44 sont avantageusement en matériau à faible absorption neutronique, par exemple en alliage de zirconium dit zircaloy. Comme le montre la figure
20 4, les plaquettes sont avantageusement suffisamment courtes pour que le rectangle passant par leurs extrémités soit tout entier contenu dans l'enveloppe des crayons, ce qui écarte tout risque d'accrochage de ces plaquettes lors de l'insertion d'un assemblage de combustible. En cas de
25 chocs, par exemple à la suite d'un séisme, seules les grilles de maintien et de supportage 20 et 22 sont concernées, ce qui est sans inconvénient puisqu'elles sont prévues pour résister aux contraintes correspondantes.

On voit que le centrage et le maintien des crayons
30 internes et des crayons externes de rive est très amélioré par l'adjonction d'une ou plusieurs grilles additionnelles 36. Seuls les quatre crayons de coin ne sont pas maintenus en appui au niveau des grilles additionnelles. La grille additionnelle 36 n'en améliore pas moins les conditions
35 thermohydrauliques de fonctionnement du crayon de coin :

les crayons adjacents sont maintenus et ne risquent pas de venir en contact avec lui.

Dans une variante de réalisation de l'invention, des languettes supplémentaires 50 (figure 4) s'appuient sur les crayons de coin. Cette solution permet d'implanter des
5 ailettes orientées vers la cellule de coin sans risquer qu'elles n'interfèrent avec le crayon. Les risques de fléchissement du crayon vers l'assemblage sont réduits, ce qui limite le risque de surmodération localisée à l'interface de quatre assemblages adjacents présentant le même phénomène.
10

Il n'est pas nécessaire que les languettes s'arrêtent avant l'extrémité de la plaquette correspondante. Il n'est pas non plus nécessaire que subsiste, entre deux languettes courbées en sens opposé ou de part et d'autre de
15 ces languettes, une zone droite formant linguet. Dans le mode de réalisation de l'invention montré en figure 6, où les éléments correspondant à ceux des figures 4 et 5 sont désignés par le même numéro de référence, les languettes d'extrémité 48 occupent toute la largeur de la plaquette et
20 sont réalisées en pliant en sens opposé les deux moitiés de la plaquette. Pour faciliter l'introduction des crayons 18, les languettes peuvent être profilées comme indiqué schématiquement sur la figure 7.

Dans le mode de réalisation montré en figure 6, les
25 bossettes 34 sont décalées par rapport à la ligne médiane des faces des cellules, de façon à ne pas interférer avec les racines des ailettes 30. Cette disposition permet de réaliser des bossettes 34 sur toute la hauteur de la grille. En d'autres termes, deux bossettes 34 adjacentes sont
30 alors réalisées en pratiquant une fente ou une encoche le long de la ligne médiane de la plaquette et en déformant en sens opposé la plaquette au-dessus et au-dessous de la fente.

L'invention ne se limite pas aux modes particuliers
35 de réalisation qui ont été décrits à titre d'exemples. En

particulier il serait possible de modifier le nombre des languettes découpées dans les parties terminales des plaquettes. Les dernières plaquettes pourraient avoir une languette 46 de largeur accrue ou comporter une bossette limitant les déplacements des crayons de coin. Les ailettes
5 30 pourraient avoir une forme et une répartition différentes de celle qui a été schématisée. Les bossettes décrites ci-dessus pourraient être remplacées par des moyens de butée du genre décrit dans la demande de brevet déposée ce jour pour : "Grille à ailettes de mélange pour assemblage com-
10 bustible nucléaire". Il doit être entendu que la portée du brevet s'étend à de telles variantes ainsi plus généralement qu'à toutes autres restant dans le cadre des équivalences.

REVENDECATIONS

1. Grille additionnelle (36) de mélange pour assem-
blage combustible nucléaire, comprenant au moins deux jeux
de plaquettes (42,44) entrecroisées et fixées à leurs
5 points de croisement, délimitant des cellules destinées à
être traversées les unes par des tubes guides (16) et les
autres par des crayons de combustible (18) et étant dénuée
de ceinture, chaque plaquette étant munie de bossettes sur
chacune des faces des cellules internes et chaque plaquette
10 présentant des parties terminales ayant des languettes
élastiques (46,48) présentant une courbure au repos et une
longueur telles que ces languettes plaquent les crayons
externes de rive contre des bossettes (34).
2. Grille selon la revendication 1, caractérisée en
15 ce que les languettes ont une longueur et une courbure tel-
les qu'elles prennent appui sur les crayons externes de
rive à 120° environ des bossettes.
3. Grille selon la revendication 1 ou 2, caractéri-
sée en ce que les plaquettes ont une longueur telle que
20 l'encombrement en plan de la grille soit à l'intérieur de
l'enveloppe des crayons.
4. Grille selon la revendication 1, 2 ou 3, carac-
térisée en ce que les languettes sont constituées par des
parties découpées des plaquettes, de largeur et d'épaisseur
25 constantes.
5. Grille selon l'une quelconque des revendications
1 à 4, caractérisée en ce que chaque partie terminale d'une
plaquette comporte deux languettes élastiques (46,48) diri-
gées en sens opposé.
- 30 6. Grille selon la revendication 5, caractérisée en
ce que les deux languettes dirigées en sens opposé occupent
la totalité de la hauteur de la grille.
7. Grille selon l'une quelconque des revendications
précédentes, caractérisée en ce que lesdites bossettes
35 occupent la totalité de la hauteur de la grille et sont

constituées par pliage en sens opposé des deux parties de la grille située de part et d'autre d'une fente médiane.

5 8. Grille selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les bossettes sont décalées par rapport à la ligne médiane des faces des cellules.

10 9. Assemblage combustible dont la structure comporte, en plus d'embouts d'extrémité (12,14), de tubes guides (16) de liaison des embouts et de grilles (20,22) de supportage et de maintien de crayons ayant une ceinture (26), au moins une grille additionnelle (36) placée entre deux grilles de maintien (20), conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 8.

FIG. 1.

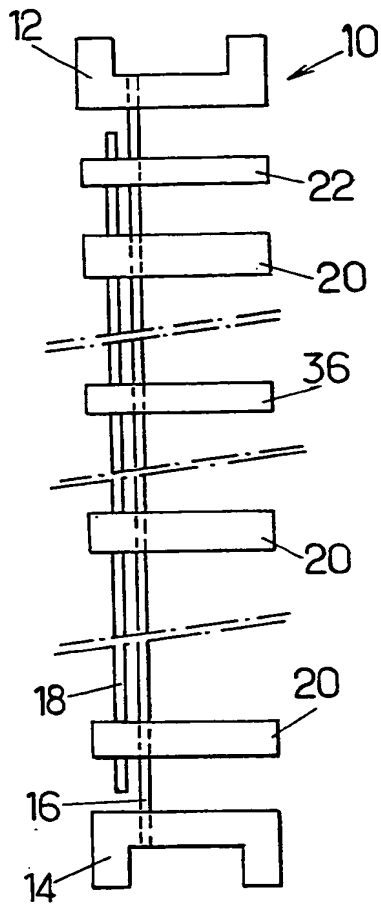


FIG. 3.

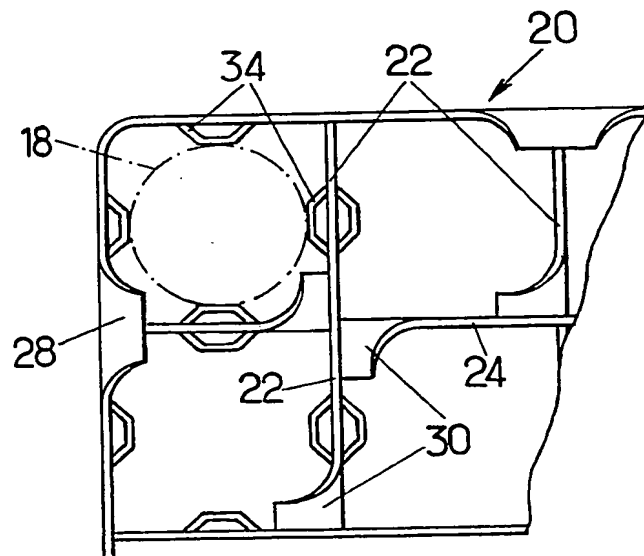


FIG. 5.

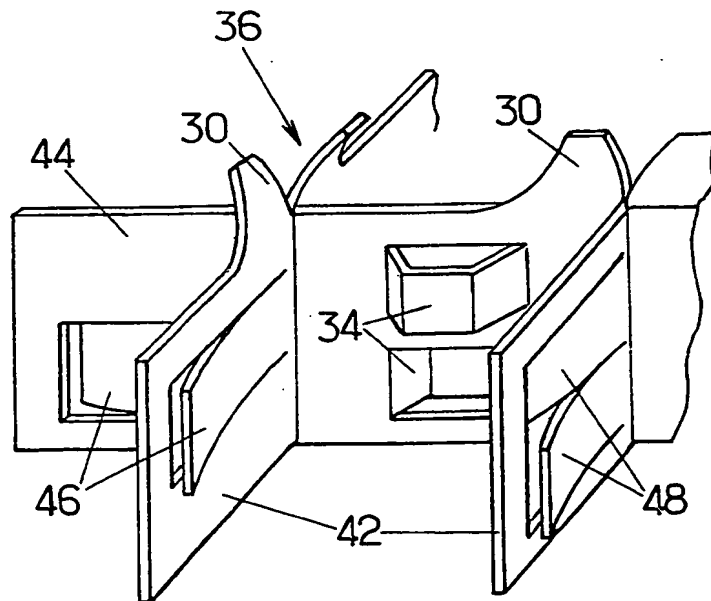


FIG. 2.

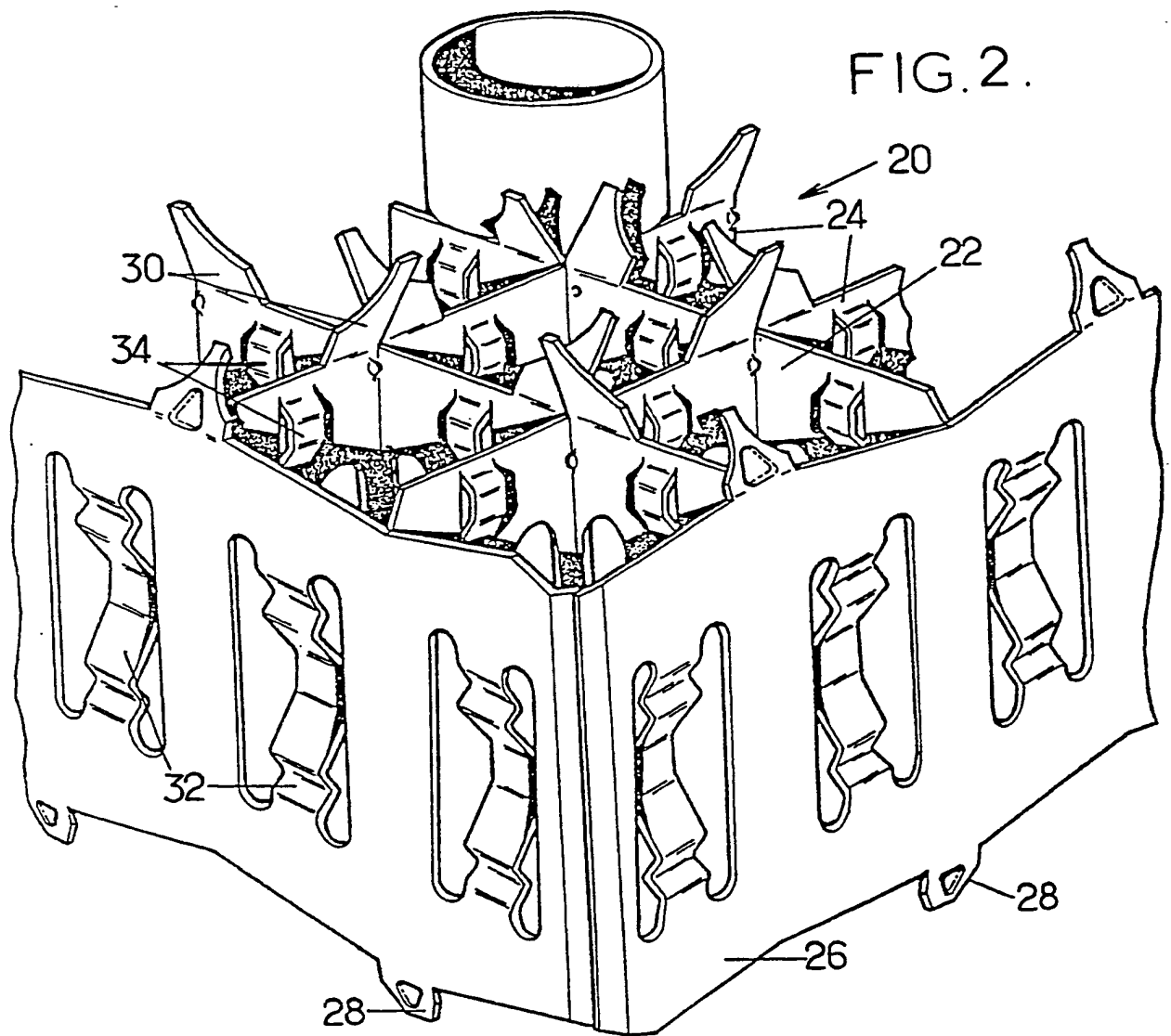


FIG. 4.

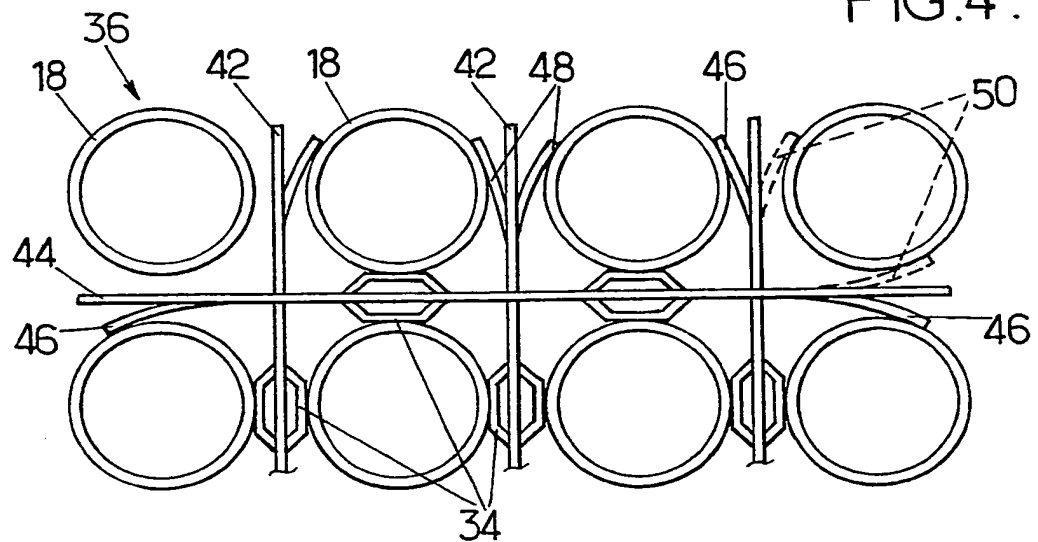


FIG. 6.

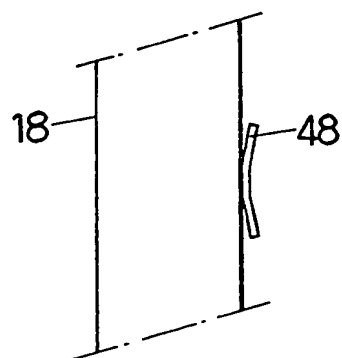
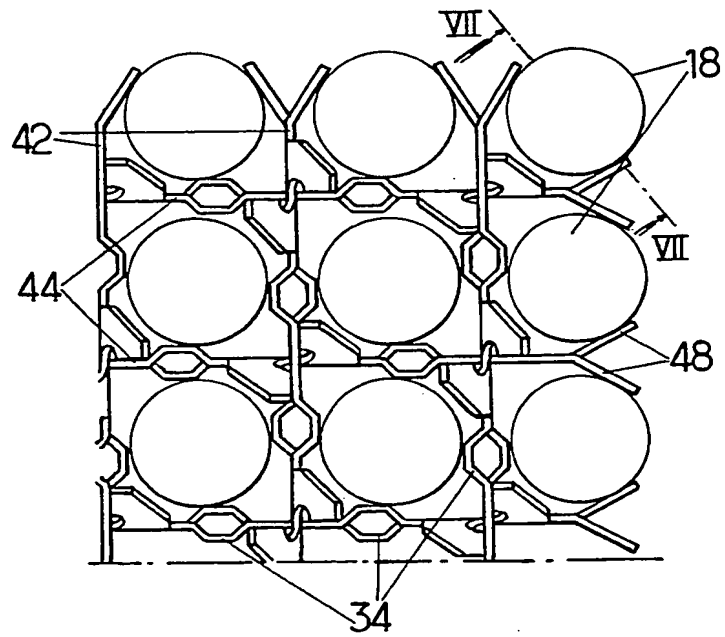


FIG. 7.

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheFR 9009445
FA 445892

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP-A-0 378 094 (SIEMENS) * Colonne 2, ligne 46 - colonne 4, ligne 20; figures 1-3 *	1-3
A	---	5-7
A	LU-A- 78 144 (BABCOCK) * Page 5, lignes 14-31; figures 1-3,11 *	5,8
A,D	---	1,9
	EP-A-0 261 544 (SIEMENS) * Colonne 3, lignes 16-33; figures 1-4 * -----	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		G 21 C
Date d'achèvement de la recherche 05-04-1991		Examineur JANDL F.
<div><div>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</div><div>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant</div></div>		

EPO FORM 1503 01.82 (PM13)